

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
19. Mai 2005 (19.05.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2005/045234 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: F02M 65/00,
F02D 41/20, G01R 31/28

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2004/001780

(22) Internationales Anmeldedatum:
7. August 2004 (07.08.2004)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
103 49 824.9 24. Oktober 2003 (24.10.2003) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02
20, 70442 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder; und

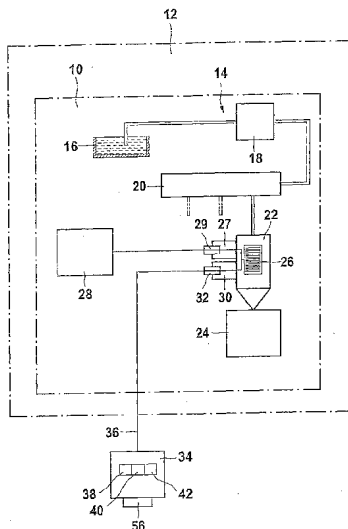
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): SCHOOR, Ulrich
[DE/DE]; Tuchbleiche 5, 70439 Stuttgart (DE). SUTTER,
Kai [DE/DE]; Kissinger Str. 70, 70372 Stuttgart (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,
GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,
PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM,
ZW.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

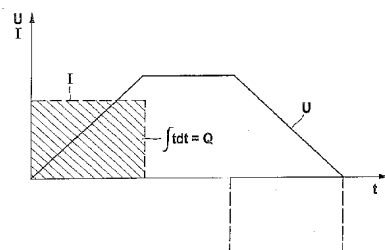
(54) Title: METHOD FOR DIAGNOSIS IN A FUEL INJECTION DEVICE COMPRISING A PIEZOACTUATOR

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR DIAGNOSE EINER KRAFTSTOFF-EINSPRITZVORRICHTUNG, WELCHE EINEN
PIEZOAKTOR AUFWEIST



(57) Abstract: The invention relates to a method, for diagnosis in a fuel injection device (22), comprising a piezoactuator (26), by means of which a valve element is operated. According to the invention, the fuel injection device (22) is connected to a diagnosis unit (34), a specific voltage is then applied to the piezoactuator (26), by the diagnosis unit (34) and the charge introduced into the piezoactuator (26), by the diagnosis unit (34) and hence a capacitance for the piezoactuator (26), are determined.

(57) Zusammenfassung: Ein Verfahren dient zur Diagnose einer Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (22). Diese umfasst einen Piezoaktor (26), mit dem ein Ventilelement betätigt wird. Es wird vorgeschlagen, dass die Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (22) mit einem Diagnosegerät (34) verbunden wird, dass dann durch das Diagnosegerät (34) an den Piezoaktor (26) eine bestimmte Spannung angelegt wird, und dass durch das Diagnosegerät (34) die in den Piezoaktor (26) eingeleitete Ladung und hieraus eine Kapazität des Piezoaktors (26) ermittelt werden.



WO 2005/045234 A1



(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

5

Verfahren zur Diagnose einer Kraftstoff-
Einspritzvorrichtung, welche einen Piezoaktor aufweist

10

Stand der Technik

Die Erfindung betrifft zunächst ein Verfahren zur Diagnose
15 einer Kraftstoff-Einspritzvorrichtung, welche einen
Piezoaktor zur Betätigung eines Ventilelements aufweist.

Insbesondere bei Brennkraftmaschinen mit Kraftstoff-
Direkteinspritzung kommen Kraftstoff-Einspritzvorrichtungen
20 zum Einsatz, deren Ventilelemente nicht elektromagnetisch,
sondern zumindest mittelbar durch die Längenänderung eines
Piezoaktors betätigt werden. Der Vorteil von Piezoaktoren
liegt in ihrer sehr kurzen Schaltzeit und der möglichen
sehr präzisen Hubeinstellung. Durch die Verwendung
25 derartiger Kraftstoff-Einspritzvorrichtungen kann der
Kraftstoff sehr genau in die Brennräume der
Brennkraftmaschine eingebracht werden, was wiederum ein
günstiges Emissionsverhalten und einen geringen
Kraftstoffverbrauch zur Folge hat.

30

Für die Funktion der Brennkraftmaschine spielt die korrekte
Funktion des Piezoaktors daher eine zentrale Rolle, und
dies macht wiederum eine Überwachung der korrekten Funktion
des Piezoaktors erforderlich. Bekannt ist beispielsweise,
35 während des Betriebs der Brennkraftmaschine die Kapazität

der eingesetzten Piezoaktoren immer wieder zu bestimmen. Wird eine starke Veränderung der Kapazität innerhalb eines bestimmten Zeitraums festgestellt, ist dies ein Hinweis beispielsweise auf eine Schädigung des Piezoaktors. In diesem Fall kann von der entsprechenden Kraftstoff-Einspritzvorrichtung der Kraftstoff nicht mehr mit der erforderlichen Genauigkeit in den Brennraum der Brennkraftmaschine eingebracht werden.

Erfasst wird auch, wenn eine Kraftstoff-Einspritzvorrichtung in der geöffneten Stellung blockiert ist. In einem solchen Fall ist gegebenenfalls sogar eine zwangsweise Stilllegung der Brennkraftmaschine erforderlich. Bei einer erkannten Fehlfunktion erfolgt ein Fehlereintrag in einen Fehlerspeicher. Die gespeicherten Fehlerdaten können in einer Werkstatt von einem entsprechenden Diagnosegerät ausgelesen werden. Der Monteur erhält hierdurch Hinweise auf den Ort und die Art des aufgetretenen Fehlers.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren der eingangs genannten Art so weiterzubilden, dass die Diagnose der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung auch im "Feld", das heißt fernab von einer Werkstatt oder einem entsprechend ausgerüsteten Werkstattfahrzeug, möglich ist.

Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs genannten Art dadurch gelöst, dass die Kraftstoff-Einspritzvorrichtung direkt mit einem Diagnosegerät verbunden wird, dass durch das Diagnosegerät an den Piezoaktor eine bestimmte Spannung angelegt wird, und dass durch das Diagnosegerät die in den Piezoaktor eingeleitete Ladung und hieraus eine Kapazität des Piezoaktors ermittelt werden.

Vorteile der Erfindung

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren muss nicht auf einen Fehlerspeicher zugegriffen werden. Stattdessen wird im Stillstand der Brennkraftmaschine die Kraftstoff-Einspritzvorrichtung direkt mit einem entsprechenden Diagnosegerät verbunden, welches eine bestimmte und vorgegebene Ladungsmenge in den Piezoaktor einzubringen versucht. Aus der tatsächlich eingebrachten Ladungsmenge kann dann auf einfache Art und Weise die tatsächliche Kapazität des Piezoaktors ermittelt werden. Diese ist ein Maß für den augenblicklichen Funktionszustand des Piezoaktors. Die Ladung wird beispielsweise auf der Basis des tatsächlich geflossenen Stromes ermittelt.

In Kenntnis der aktuellen Kapazität des Piezoaktors kann also leicht darüber befunden werden, ob der Piezoaktor für eine aufgetretene Störung ursächlich sein kann oder nicht. Dabei muss der Piezoaktor für die Zustandsprüfung nicht aus der Brennkraftmaschine ausgebaut werden, was die Zeit für die Durchführung der Diagnose verkürzt.

Da, wie gesagt, kein Datenaustausch stattfindet sondern nur aktuelle charakteristische elektrische Werte des Piezoaktors geprüft werden, kann das Diagnosegerät sehr einfach und klein bauen, so dass es überall, auch außerhalb einer Werkstatt oder ohne Hinzuziehung eines Werkstattwagens, eingesetzt werden kann. Gegebenenfalls ist vorstellbar, bei einem Kraftfahrzeug ein solches Diagnosegerät in das ohnehin vorhandene Bordwerkzeug zu integrieren. Außerdem kann mit einem solchen Verfahren auch eine Eingangskontrolle vor dem Einbau einer Kraftstoff-Einspritzvorrichtung in eine Brennkraftmaschine durchgeführt werden.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in Unteransprüchen angegeben.

5 Zunächst wird vorgeschlagen, dass das Diagnosegerät einen Verlauf der Kapazität ermittelt. Der Verlauf der Kapazität ist bei bekanntem Verlauf der angelegten Spannung und des angelegten Stromes noch aussagekräftiger im Hinblick auf den Funktionszustand des Piezoaktors als ein einziger Absolutwert der Kapazität. Die Funktionsfähigkeit des
10 Piezoaktors kann auf diese Weise noch besser ermittelt werden.

Ferner ist vorteilhaft, wenn das Diagnosegerät die ermittelte Kapazität beziehungsweise den ermittelten
15 Verlauf der Kapazität mit mindestens einer Referenzkapazität beziehungsweise einem Referenzverlauf vergleicht und abhängig vom Ergebnis des Vergleichs ein Signal erzeugt. Bei dieser Weiterbildung wird dem Benutzer die Interpretation des Ergebnisses abgenommen. Durch den
20 Vergleich stellt das Diagnosegerät gleich das Diagnoseergebnis zur Verfügung.

In Weiterbildung hierzu wird vorgeschlagen, dass auf der Basis des Signals eine Anzeige mit mindestens zwei Farben
25 angesteuert wird, durch die angezeigt wird, ob die ermittelte Kapazität beziehungsweise der Verlauf innerhalb eines Toleranzbereichs um die Referenzkapazität beziehungsweise den Referenzverlauf liegt. Im einfachsten Fall, wenn zwei Farben verwendet werden, gibt das
30 Diagnosegerät einen leicht erkennbaren optischen Hinweis, ob der untersuchte Piezoaktor beziehungsweise die untersuchte Kraftstoff-Einspritzvorrichtung in Ordnung ist oder ob ein Fehler vorliegt. Die Handhabung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird auf diese Weise
35 vereinfacht und die Diagnose beschleunigt.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn die angelegte Spannung während der Diagnose wenigstens in etwa einem solchen Verlauf entspricht, welche im normalen Betrieb der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung vorkommt. Ein typisches Beispiel hierfür ist, dass das Diagnosegerät an den Piezoaktor eine Spannung mit einem linear ansteigenden, einem konstanten, und einem linear abfallenden Abschnitt anlegt. In diesem Fall simuliert das Diagnosegerät, trotz stillstehender Brennkraftmaschine, eine reale Betriebssituation. Das Diagnoseergebnis ist in diesem Fall besonders aussagekräftig.

Die Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung zur Durchführung des oben genannten Diagnoseverfahrens. Damit diese Vorrichtung möglichst klein baut und preiswert hergestellt werden kann, wird vorgeschlagen, dass sie eine Kondensator-Ladeschaltung aufweist, welche die zur Ansteuerung des Piezoaktors erforderliche Energie bereitstellt.

Zur Ansteuerung von Piezoaktoren sind hohe Spannungen und vergleichsweise hohe Ströme nötig. Da zu einer Zustandsdiagnose des Piezoaktors keine fortlaufend wiederholte Ansteuerung des Piezoaktors erforderlich ist, sondern eine einmalige Ansteuerung innerhalb eines bestimmten Zeitraums ausreicht, bietet eine Kondensator-Ladeschaltung eine einfache, raumsparende und preiswerte Möglichkeit, die zur Ansteuerung des Piezoaktors erforderliche Energie bereitzustellen. Die Energie zur Aufladung des Kondensators der Kondensator-Ladeschaltung kann im Falle eines Kraftfahrzeugs beispielsweise von der 12 V-Autobatterie, von einem 230 V-Netzanschluss, oder beispielsweise auch von einer photovoltaischen Anlage bereitgestellt werden.

Dabei ist es besonders vorteilhaft, wenn die Kondensator-Ladeschaltung eine handelsübliche Schaltung ist, wie sie für Blitzgeräte oder ähnliches verwendet wird. In diesem
5 Falle ist die Vorrichtung besonders preiswert.

Dabei ist es wiederum besonders vorteilhaft, wenn die Vorrichtung eine abgeschlossene Baueinheit bildet. Dies bedeutet, dass die Energieversorgung, die
10 Signalaufbereitung, die optische oder akustische Anzeige, und eine Auswerteschaltung innerhalb eines kompakten Gehäuses angeordnet sind. Dies erleichtert die Handhabung nochmals.

15 Die Verwendung der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird dadurch erleichtert, dass sie eine Verbindungseinrichtung umfasst, welche zu einer Verbindungseinrichtung an der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung oder der Brennkraftmaschine komplementär ist. Zur Benutzung der erfindungsgemäßen
20 Vorrichtung genügt es dann beispielsweise, einen fahrzeugseitigen Stecker von der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung abzuziehen und stattdessen einen Stecker der erfindungsgemäßen Diagnosevorrichtung mit der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung zu verbinden.

25 Vorgeschlagen wird auch, dass die Vorrichtung eine Schnittstelle für den Anschluss eines PC aufweist. Hierdurch können erforderlichenfalls weitere automatisierte Prüfungen mittels der erfindungsgemäßen Vorrichtung
30 durchgeführt werden, die auf dem PC programmiert sind. Auch die Auswertung des Diagnoseergebnisses kann auf diese Weise noch differenzierter erfolgen. Als PC wird vorteilhafterweise ein Notebook oder Tablet-PC verwendet.

35 Zeichnung

Nachfolgend wird ein besonders bevorzugtes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung im Detail erläutert. In der Zeichnung zeigen:

Figur 1 eine schematische Darstellung einer Brennkraftmaschine mit einer Kraftstoff-Einspritzvorrichtung mit einem Piezoaktor, und eines Diagnosegeräts;

Figur 2 ein Diagramm, in dem eine Spannung und ein Strom, die an den Piezoaktor von Figur angelegt werden, über der Zeit aufgetragen sind; und

Figur 3 ein vereinfachtes und schematisches elektrisches Schaltbild des Diagnosegeräts von Figur 1.

Beschreibung des Ausführungsbeispiels

In Figur 1 trägt eine Brennkraftmaschine insgesamt des Bezugszeichen 10. Sie dient zum Antrieb eines Kraftfahrzeugs, welches in Figur 1, ebenso wie die Brennkraftmaschine 10, nur durch eine strichpunktierte Linie angedeutet ist und welche das Bezugszeichen 12 trägt. Zu der Brennkraftmaschine 10 gehört ein Kraftstoffsystem 14. Dieses umfasst einen Kraftstoffbehälter 16, aus dem eine Fördereinrichtung 18 den Kraftstoff zu einer Kraftstoff-Sammelleitung 20 fördert. Diese wird auch als "Rail" bezeichnet, und in ihr ist der Kraftstoff unter hohem Druck gespeichert.

An die Kraftstoff-Sammelleitung 20 sind mehrere Kraftstoff-Einspritzvorrichtungen 22 angeschlossen. Diese spritzen den Kraftstoff direkt in einen ihnen jeweils zugeordneten

Brennraum 24 ein. Aus Darstellungsgründen sind nur eine Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 22 und ein Brennraum 24 gezeigt. Die Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 22 umfasst ein in der Figur nicht sichtbares Ventilelement, welches je nach Stellung Kraftstoff-Austrittsöffnungen (nicht gezeigt) freigibt, durch die der Kraftstoff von der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 22 in den Brennraum 24 gelangen kann. Die Stellung des Ventilelements wird von der aktuellen Länge eines Piezoaktor 26 beeinflusst. Diese ändert sich abhängig von der Ladung, die in ihn eingebracht wird. Hierzu ist der Piezoaktor 26 über eine der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 22 angebrachte Buchse 27 und einen Stecker 29 mit einer Steuer- und Regeleinrichtung 28 verbunden.

Für den Betrieb der Brennkraftmaschine 10 ist eine korrekte Funktion des Piezoaktors 26 von zentraler Bedeutung. Nur wenn der Piezoaktor 26 korrekt arbeitet, wird von der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 22 die gewünschte Menge an Kraftstoff in den Brennraum 24 eingespritzt. Das Emissionsverhalten und der Kraftstoffverbrauch der Brennkraftmaschine 10 hängen daher auch von der korrekten Funktion des Piezoaktors 26 ab.

Die Funktion des Piezoaktors 26 wird während des Betriebs der Brennkraftmaschine 10 von der Steuer- und Regeleinrichtung 28 immer wieder überwacht. Im Fehlerfalle erfolgt ein Eintrag in einen Fehlerspeicher der Steuer- und Regeleinrichtung 28 und/oder die Brennkraftmaschine 10 wird in einen Notbetrieb umgeschaltet oder sogar vollkommen stillgelegt. Die Einträge im Fehlerspeicher können beispielsweise in einer Werkstatt oder von einem mobilen Servicefahrzeug durch ein Diagnosegerät ausgelesen werden, welches an die Steuer- und Regeleinrichtung 28 angeschlossen wird. Ein solches Diagnosegerät ist jedoch

groß und schwer und daher schlecht transportierbar. Darüber hinaus ist es aufgrund der aufwendigen Elektronik vergleichsweise teuer.

- 5 Um auch unterwegs, fernab von einer Werkstatt oder einem Servicefahrzeug, eine Zustandsdiagnose der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 22 und insbesondere des Piezoaktors 26 durchführen zu können, weist die Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 22 eine direkt mit dem Piezoaktor 26
- 10 verbundene Buchse 30 auf, in die ein Stecker 32 eines kleinen, transportablen Diagnosegeräts 34 eingesteckt werden kann. Der Stecker 32 ist mit dem Diagnosegerät 34 über ein Kabel 36 verbunden. In einem nicht dargestellten Ausführungsbeispiel wird auf die separate Buchse 30
- 15 verzichtet. Stattdessen wird der Stecker 29, mit dem die Steuer- und Regeleinrichtung 28 mit der Buchse 27 verbunden ist, aus dieser herausgezogen und der Stecker 32 des Diagnosegeräts 34 stattdessen in die Buchse 27 eingesteckt.
- 20 Zur Diagnose des Piezoaktors 26 wird vom Diagnosegerät 34 an den Piezoaktor 26 ein Strom I angelegt und die sich am Kondensator ergebende Spannung U ermittelt. Die entsprechend der Kurve U ist in Figur 2 gezeigt. Man sieht, dass die am Piezoaktor 26 anliegende Spannung U im
- 25 Normalfall zunächst einen linear ansteigenden Abschnitt, dann einen Abschnitt mit konstanter Spannung, und schließlich einen linear abfallenden Abschnitt aufweist. Dies entspricht in etwa der rampenförmigen Ansteuerung des Piezoaktors 26 im normalen Betrieb der Brennkraftmaschine
- 30 10. Auch das maximal erreichte Spannungsniveau sowie die Steilheit der Flanken entspricht wenigstens in etwa einer üblichen Ansteuerung des Piezoaktors 26 während eines Einspritzvorgangs.

Während des Anstiegs der Spannung U fließt ein konstanter Strom I (gestrichelte Linie in Figur 2). Durch die ansteigende Spannung U wird eine Längenänderung des Piezoaktors 26 bewirkt, die im Betrieb der Brennkraftmaschine 10 zu einer Einspritzung von Kraftstoff führen würde. Um Schäden durch die Diagnose von der Brennkraftmaschine 10 fernzuhalten, wird die Diagnose daher nur bei stillstehender Brennkraftmaschine 10 durchgeführt. Im Diagnosegerät 34 wird das Integral des geflossenen Stromes I über der Zeit t berechnet. Dieses Integral entspricht der Ladung Q , die in den Piezoaktor 26 eingebracht wurde. Wird die Ladung Q durch die Spannung U geteilt, erhält man die Kapazität C des Piezoaktors 26.

Die Kapazität C des Piezoaktors 26 ist eine wichtige Kenngröße für den Funktionszustand des Piezoaktors 26. Kommt es beispielsweise zu einem Bruch des Piezoaktors 26, hat dies eine deutliche Änderung der Kapazität C zur Folge. Dies kann durch die Verwendung des Diagnosegeräts 34 erkannt werden. Im einfachsten Fall wird die ermittelte Kapazität C als Zahlenwert vom Diagnosegerät 34 ausgegeben. Der Benutzer kann dann anhand des Zahlenwerts selbst bewerten, ob der Piezoaktor 26 in Ordnung ist oder nicht. Möglich ist aber auch, dass das Diagnosegerät in einer entsprechenden Auswertschaltung automatisch die erfasste Kapazität mit einem oberen und einem unteren Grenzwert vergleicht.

Liegt die ermittelte Kapazität C in dem Bereich zwischen den beiden Grenzwerten, leuchtet am Diagnosegerät 34 eine grüne Lampe 38. Durch diese wird signalisiert, dass der Piezoaktor 26 in Ordnung ist. Liegt die ermittelte Kapazität C knapp neben einem der Grenzwerte, leuchtet am Diagnosegerät 34 eine gelbe Lampe 40, durch welcher signalisiert wird, dass der Piezoaktor 26 zwar nicht

vollständig defekt zu sein scheint, dass er jedoch offenbar die Spezifikation nicht mehr voll erfüllt. Liegt die Kapazität C dagegen klar außerhalb des durch die beiden Grenzwerte definierten Bereichs, leuchtet am Diagnosegerät
5 34 eine rote Lampe 42, was dem Benutzer anzeigt, dass der Piezoaktor 26 defekt ist.

Wie aus Figur 3 hervorgeht, baut das Diagnosegerät 34 sehr einfach, da für die Bereitstellung der Speisespannung und
10 des Speisestroms, die für die Diagnose am Piezoaktor 26 angelegt werden bzw. fließen, eine handelsübliche Kondensator-Ladeschaltung 44 verwendet wird. Möglich ist beispielsweise der Einsatz einer Kondensator-Ladeschaltung vom Typ LT3420 (Linear Technology Magazine, May 2002), die
15 üblicherweise zur Bereitstellung der Auslöseenergie für Xenon-Blitzgeräte von Photoapparaten verwendet wird und einen Kondensator mit einer Kapazität von 220 μF aufweist, der innerhalb von 3,5 s mit einer 5 V Eingangsspannung von 50 V auf 320 V geladen werden kann.

20 Da bei dem vorliegenden Diagnosegerät 34, anders als bei einem Blitzgerät eines Photoapparats, der Piezoaktor 26 jedoch nicht nur geladen, sondern auch wieder entladen werden muss, verfügt die in Figur 3 gezeigte elektrische
25 Schaltung des Diagnosegeräts 34 nicht nur über ein getriggertes Ladesignal 46, sondern auch über einen Entladungskreis 48 für konstanten Strom. Die Steuerung des Lade- beziehungsweise Entladevorgangs erfolgt über einen Operationsverstärker 50 sowie zwei Schmitt-Trigger 52 und
30 54. Um den Ablauf der Diagnose im Diagnosegerät 34 steuern zu können, ist in dieses ein Mikroprozessor mit einem A/D-Wandler integriert. Für den Anschluss an einen PC, insbesondere ein note book, verfügt das Diagnosegerät 34
auch über eine entsprechende Schnittstelle 56 (vgl. Figur
35 1).

Die in Figur 3 gezeigte Schaltung wird über die Klemmen 58 mit Strom versorgt. Möglich ist hierbei ein eingebauter Akku, Batterien, eine Verbindung mit einem Bordnetz des Kraftfahrzeugs 12, eine Verbindung mit einer 230 V-Netzspannung, oder eine Versorgung über einen photovoltaischen Wandler. Ein mit den Klemmen 58 verbundene DC/DC-Wandler 60 stellt die Energie für Verstärkungskreise oder beispielsweise die Anzeigen 38 bis 42 bereit.

Bei dem in den Figuren 1 bis 3 beschriebenen Ausführungsbeispiel wurde ein Diagnosegerät 34 gezeigt, welches an sich zur Diagnose einer in einem Kraftfahrzeug 12 verbauten Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 22 dient. Grundsätzlich kann das vorgeschlagene Verfahren und das vorgeschlagene Diagnosegerät 34 aber auch beim Kraftfahrzeughersteller zur Eingangsprüfung der gelieferten Kraftstoff-Einspritzvorrichtungen 22 verwendet werden, noch bevor diese in der Brennkraftmaschine 10 beziehungsweise dem Kraftfahrzeug 12 verbaut werden. Hierdurch kann vermieden werden, dass schadhafte Kraftstoff-Einspritzvorrichtungen 22 in eine Brennkraftmaschine 10 beziehungsweise ein Kraftfahrzeug 12 eingebaut werden.

Das Diagnosegerät 34 baut sehr kompakt und kann daher Bestandteil eines Bordwerkzeugs des Kraftfahrzeugs 12 sein. Es umfasst in einem gemeinsamen Gehäuse die Stromversorgung, alle Wandler, eine Auswerteschaltung, einen Steuer- und einen Anzeigeprozessor, sowie die Anzeigen 38 bis 42, oder alternativ oder zusätzlich eine LCD-Anzeige, sowie das Anschlusskabel 36 und den Stecker 32.

5

Ansprüche

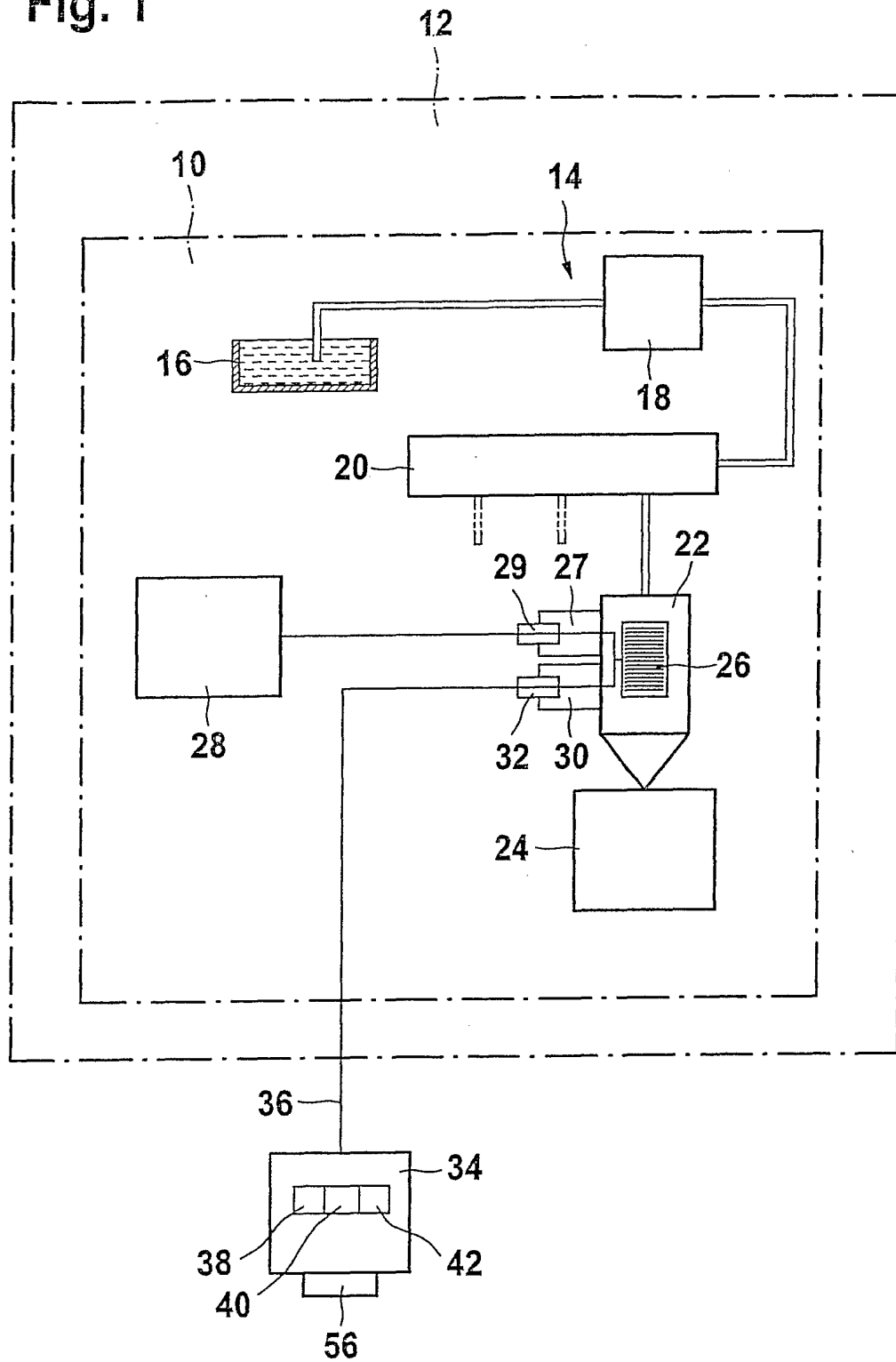
- 10 1. Verfahren zur Diagnose einer Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (22), welche einen Piezoaktor (26) zur Betätigung eines Ventilelements aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (22) direkt mit einem Diagnosegerät (34) verbunden wird,
15 dass durch das Diagnosegerät (34) an den Piezoaktor (26) eine bestimmte Spannung (U) angelegt wird, und dass durch das Diagnosegerät (34) die in den Piezoaktor (26) eingeleitete Ladung (Q) und hieraus eine Kapazität (C) des Piezoaktors (26) ermittelt werden.
- 20 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Diagnosegerät (34) einen Verlauf der Kapazität (C) ermittelt.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Diagnosegerät (34) die ermittelte
25 Kapazität (C) beziehungsweise den ermittelten Verlauf der Kapazität mit mindestens einer Referenzkapazität beziehungsweise einem Referenzverlauf vergleicht und abhängig vom Ergebnis des Vergleichs ein Signal erzeugt.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet,
30 dass auf der Basis des Signals eine optische Anzeige (38, 40, 42) mit mindestens zwei Farben angesteuert wird, durch die angezeigt wird, ob die ermittelte Kapazität (C) beziehungsweise der Verlauf innerhalb eines

Toleranzbereichs um die Referenzkapazität beziehungsweise den Referenzverlauf liegt.

- 5 5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die angelegte Spannung (U) während der Diagnose wenigstens in etwa einer solchen Spannung (U) entspricht, welche im normalen Betrieb der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (22) vorkommt.
- 10 6. Vorrichtung (34) zur Durchführung eines Diagnoseverfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine Kondensator-Ladeschaltung (44) aufweist, welche die zur Ansteuerung des Piezoaktors (26) erforderliche Energie bereitstellt.
- 15 7. Vorrichtung (34) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Kondensator-Ladeschaltung eine handelsübliche Schaltung (44) ist, wie sie für Blitzgeräte oder ähnliches verwendet wird.
8. Vorrichtung (34) nach einem der Ansprüche 6 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine abgeschlossene Baueinheit bildet.
- 20 9. Vorrichtung (34) nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine Verbindungseinrichtung (32) umfasst, welche zu einer Verbindungseinrichtung (30) an der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (22) komplementär ist.
- 25 10. Vorrichtung (34) nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine Schnittstelle (56) für den Anschluss eines PC aufweist.

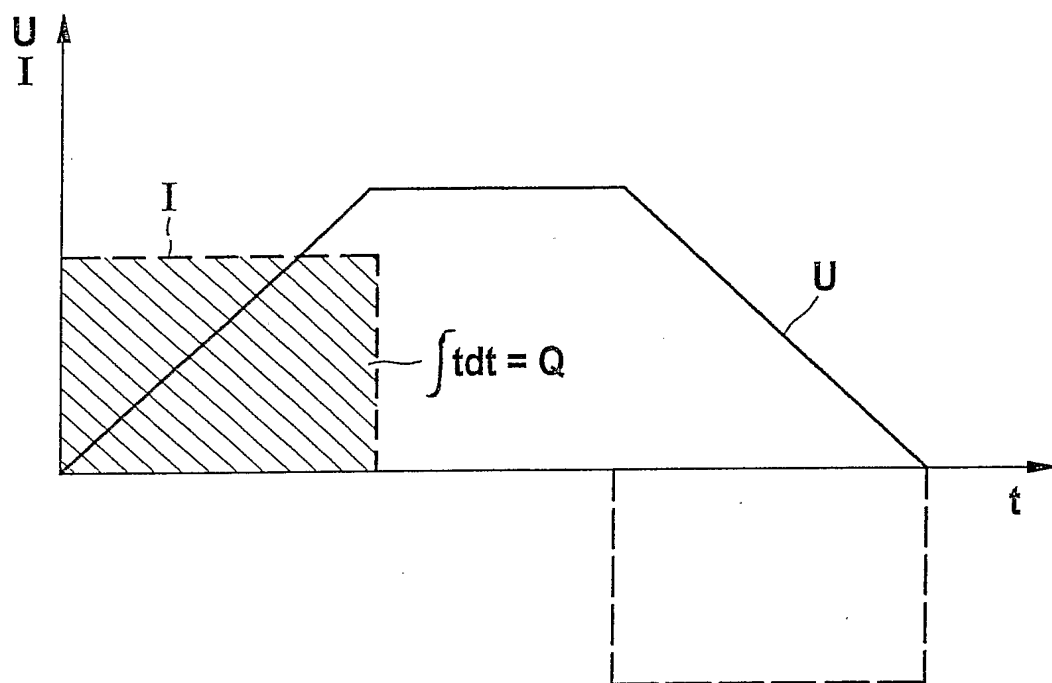
1 / 3

Fig. 1

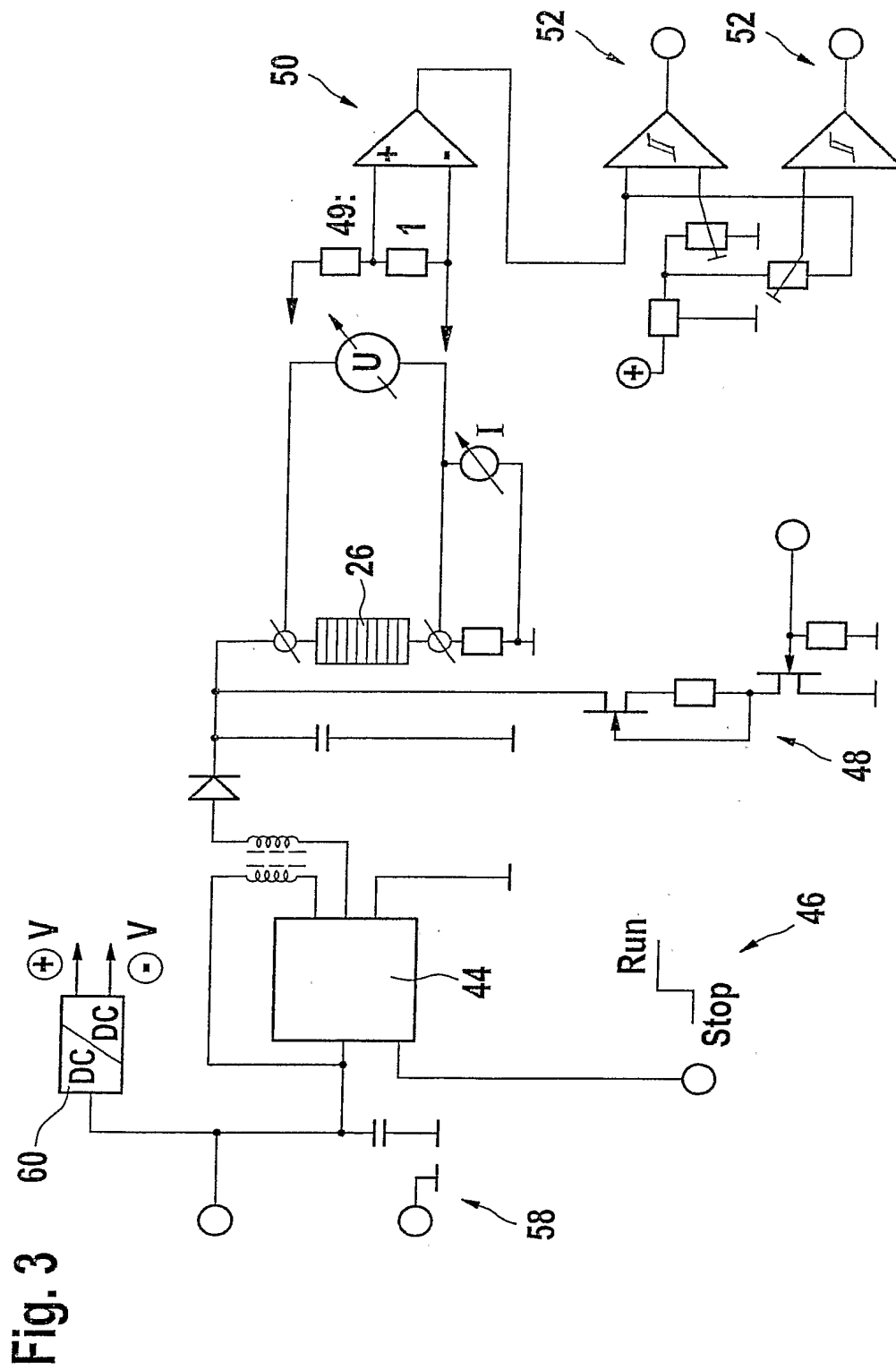


2 / 3

Fig. 2



3 / 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE2004/001780

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 F02M65/00 F02D41/20 G01R31/28

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F02M F02D G01R

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|------------|---|-----------------------|
| X | DE 198 45 042 A (SIEMENS AG) 20 April 2000 (2000-04-20) abstract; figures 1,6 ----- | 1-10 |
| X | WO 99/67527 A (FREUDENBERG HELLMUT ; HECKER MARTIN (DE); PIRKL RICHARD (DE); GERKEN H) 29 December 1999 (1999-12-29) page 1, lines 15-20 page 6, line 1 - page 7, line 29 page 8, lines 25-30; figure 2 ----- | 1-10 |
| X | EP 1 139 448 A (BOSCH GMBH ROBERT) 4 October 2001 (2001-10-04) paragraphs '0015!', '0017!', '0019!', '0021!', '0033!', '0034!', '0042!', '0046!', '0049!', '0078!', '0079!', '0081!', '0089!', '0126!', '0129!', column 13, line 10; figures 7d,9a ----- | 1-10 |
| -/-- | | |

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

Z document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

11 November 2004

Date of mailing of the international search report

18/11/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Boye, M

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE2004/001780

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category ° | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|------------|---|-----------------------|
| X | EP 1 138 907 A (BOSCH GMBH ROBERT) 4 October 2001 (2001-10-04) column 2, lines 40,41,45,46 column 3, lines 18-0,50-53, paragraph 12 column 4, paragraph 16 column 7, lines 26-28 column 11, line 54 - column 12, line 4 column 13, lines 17-20 column 17, paragraph 83-85; figures 2,3 ----- | 1-4 |
| P, X | WO 2004/051066 A (SCHROD WALTER ; SIEMENS AG (DE); CHEMISKY ERIC (FR)) 17 June 2004 (2004-06-17) page 16, lines 4-13 page 17, lines 10-20; figure 1 ----- | 1-5 |
| A | EP 1 167 729 A (BOSCH GMBH ROBERT) 2 January 2002 (2002-01-02) abstract; figures 2,3a ----- | 1 |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE2004/001780

| Patent document cited in search report | | Publication date | Patent family member(s) | Publication date |
|---|---|---------------------|----------------------------|---------------------|
| DE 19845042 | A | 20-04-2000 | DE 19845042 A1 | 20-04-2000 |
| | | | WO 0019549 A1 | 06-04-2000 |
| | | | EP 1118128 A1 | 25-07-2001 |
| | | | US 2001039484 A1 | 08-11-2001 |
| WO 9967527 | A | 29-12-1999 | BR 9906558 A | 15-08-2000 |
| | | | CN 1273698 T | 15-11-2000 |
| | | | WO 9967527 A2 | 29-12-1999 |
| | | | EP 1025595 A2 | 09-08-2000 |
| | | | US 6472796 B1 | 29-10-2002 |
| EP 1139448 | A | 04-10-2001 | EP 1139448 A1 | 04-10-2001 |
| | | | JP 2002021620 A | 23-01-2002 |
| | | | US 2002023622 A1 | 28-02-2002 |
| EP 1138907 | A | 04-10-2001 | EP 1138907 A1 | 04-10-2001 |
| | | | JP 2002004926 A | 09-01-2002 |
| | | | US 2002000218 A1 | 03-01-2002 |
| WO 2004051066 | A | 17-06-2004 | DE 10256456 A1 | 15-07-2004 |
| | | | WO 2004051066 A1 | 17-06-2004 |
| EP 1167729 | A | 02-01-2002 | EP 1167729 A1 | 02-01-2002 |

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2004/001780

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 F02M65/00 F02D41/20 G01R31/28

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 F02M F02D G01R

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|--|--------------------|
| X | DE 198 45 042 A (SIEMENS AG) 20. April 2000 (2000-04-20) Zusammenfassung; Abbildungen 1,6 ----- | 1-10 |
| X | WO 99/67527 A (FREUDENBERG HELLMUT ; HECKER MARTIN (DE); PIRKL RICHARD (DE); GERKEN H) 29. Dezember 1999 (1999-12-29) Seite 1, Zeilen 15-20 Seite 6, Zeile 1 - Seite 7, Zeile 29 Seite 8, Zeilen 25-30; Abbildung 2 ----- | 1-10 |
| X | EP 1 139 448 A (BOSCH GMBH ROBERT) 4. Oktober 2001 (2001-10-04) Absätze '0015!', '0017!', '0019!', '0021!', '0033!', '0034!', '0042!', '0046!', '0049!', '0078!', '0079!', '0081!', '0089!', '0126!', '0129!' Spalte 13, Zeile 10; Abbildungen 7d,9a ----- -/- | 1-10 |

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

11. November 2004

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

18/11/2004

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Boye, M

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2004/001780

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|---|--------------------|
| X | <p>EP 1 138 907 A (BOSCH GMBH ROBERT) 4. Oktober 2001 (2001-10-04) Spalte 2, Zeilen 40,41,45,46 Spalte 3, Zeilen 18-0,50-53, Absatz 12 Spalte 4, Absatz 16 Spalte 7, Zeilen 26-28 Spalte 11, Zeile 54 - Spalte 12, Zeile 4 Spalte 13, Zeilen 17-20 Spalte 17, Absatz 83-85; Abbildungen 2,3</p> | 1-4 |
| P,X | <p>WO 2004/051066 A (SCHROD WALTER ; SIEMENS AG (DE); CHEMISKY ERIC (FR)) 17. Juni 2004 (2004-06-17) Seite 16, Zeilen 4-13 Seite 17, Zeilen 10-20; Abbildung 1</p> | 1-5 |
| A | <p>EP 1 167 729 A (BOSCH GMBH ROBERT) 2. Januar 2002 (2002-01-02) Zusammenfassung; Abbildungen 2,3a</p> | 1 |

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2004/001780

| Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument | | Datum der Veröffentlichung | Mitglied(er) der Patentfamilie | Datum der Veröffentlichung |
|--|---|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| DE 19845042 | A | 20-04-2000 | DE 19845042 A1 | 20-04-2000 |
| | | | WO 0019549 A1 | 06-04-2000 |
| | | | EP 1118128 A1 | 25-07-2001 |
| | | | US 2001039484 A1 | 08-11-2001 |
| WO 9967527 | A | 29-12-1999 | BR 9906558 A | 15-08-2000 |
| | | | CN 1273698 T | 15-11-2000 |
| | | | WO 9967527 A2 | 29-12-1999 |
| | | | EP 1025595 A2 | 09-08-2000 |
| | | | US 6472796 B1 | 29-10-2002 |
| EP 1139448 | A | 04-10-2001 | EP 1139448 A1 | 04-10-2001 |
| | | | JP 2002021620 A | 23-01-2002 |
| | | | US 2002023622 A1 | 28-02-2002 |
| EP 1138907 | A | 04-10-2001 | EP 1138907 A1 | 04-10-2001 |
| | | | JP 2002004926 A | 09-01-2002 |
| | | | US 2002000218 A1 | 03-01-2002 |
| WO 2004051066 | A | 17-06-2004 | DE 10256456 A1 | 15-07-2004 |
| | | | WO 2004051066 A1 | 17-06-2004 |
| EP 1167729 | A | 02-01-2002 | EP 1167729 A1 | 02-01-2002 |